Journal of Agroecology
Vol. 13, No.2, Summer 2021, p. 291-305

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص ۳۰۵-۲۹۱

مقاله علمی - پژوهشی

ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط لوبیا تپاری (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) و دو رقم ارزن

سمیه بدخشان[1]، مهدیه امیری‌نژاد[2]، عنایت‌الله توحیدی‌نژاد[3] و بهاره پارسامطلق[2*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۰۱

بدخشان، س.، امیری‌نژاد، م.، توحیدی‌نژاد، ع.، و پارسامطلق، ب.، ۱۴۰۰. ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط لوبیا تپاری (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) و دو رقم ارزن. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۲): ۳۰۵-۲۹۱.

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد کمّی و کیفی علوفه در کشت مخلوط لوبیا تپاری (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) و دو رقم ارزن باستان (cv. Bastan) و ارزن پیشاهنگ (cv. Pishahang)، آزمایشی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه نمونه در منطقه جیرفت، در سال زراعی ۹۵- ۱۳۹۴ اجرا شد. تیمارها شامل ترکیب گیاه لوبیا تپاری با دو رقم ارزن پیشاهنگ و ارزن باستان و نسبت‌های اختلاط کشت مخلوط جایگزینی به نسبت‌های ۷۵ : ۲۵، ۵۰ : ۵۰ ، ۲۵ : ۷۵ لوبیا تپاری- ارزن باستان، کشت خالص لوبیا تپاری، کشت خالص ارزن باستان، کشت خالص ارزن پیشاهنگ و همین نسبت‌های اختلاط لوبیا تپاری با ارزن پیشاهنگ و با تراکم ۲۰ بوته در مترمربع، بودند. صفات عملکرد کل علوفه خشک، عملکرد علوفه کل تر، درصد خاکستر، قابلیت هضم ماده خشک، کربوهیدرات‌های محلول در آب، درصد عناصر کلسیم، منیزیم، سدیم و پتاسم مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد کل علوفه تر (۲۴۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد کل علوفه خشک (با ۴۵۰۰ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن باستان به‌دست آمد. هرچند بهترین صفات مورد بررسی از نظر کیفیت علوفه، در نسبت‌های مختلف اختلاط حاصل شد، امّا برتری کشت مخلوط این گیاهان، نسبت به سیستم تک‌کشتی آن‌ها مشاهده شد، به‌طوری‌که بیشترین درصد خاکستر، قابلیت هضم علوفه، کربوهیدرات‌های محلول در آب و میزان عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم از تیمارهای مخلوط، حاصل شد. بالاترین میزان عملکرد نسبی کل براساس عملکرد کل علوفه تر و خشک نیز از تیمار ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن به‌ترتیب با میزان ۲/۲۷ و ۲/۱۶، به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: خاکستر، عملکرد نسبی کل، قابلیت هضم ماده خشک، کربوهیدرات محلول در آب

مقدمه

امروزه کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای بسیار متداول بوده و کاربرد آن موجب افزایش کمّی و کیفی علوفه، کاهش خسارت احتمالی ناشی از آفات و بیماری‌ها و استفاده حداکثر از منابع آب و خاک شده است (Lithourgidis et al., 2011; Asgharipour & Rafiei, 2010). بر این اساس، انواع کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای غلات و لگوم‌ها به‌منظور توسعه سیستم‌های پایدار تولید غذا در سیستم های کشت با نهاده های خارجی محدود، دارای اهمیت بوده و این ترکیب یکی از معمول ترین انواع کشت مخلوط است که در مقایسه با کشت خالص این گیاهان، افزایش تولید ماده خشک و نیز افزایش کیفیت محصول را دربرخواهد داشت (Mandal et al., 2014). این نوع مخلوط، از سیستم‌های معمول کشت در نواحی گرمسیر، خشک و نیمه‌خشک جهان و از جمله ایران است که می‌تواند یک گزینه مناسب برای

۱- فارغ‌التحصیل کارشناسی ارشد، اگرواکولوژی، دانشگاه جیرفت، ایران.
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه جیرفت، ایران.
۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ایران.
(*- نویسنده مسئول: (Email: bparsam@ujiroft.ac.ir
Doi: 10.22067/jag.v13i2.83847

اصلاح عملکرد و کیفیت علوفه تولیدی، باشد زیرا علوفه غلات باوجود عملکرد ماده خشک زیاد، دارای مقدار کمی پروتئین است که باتوجه به هزینه‌های زیاد مکمل‌های پروتئینی، می‌توان از لگوم‌ها به‌دلیل داشتن پروتئین زیاد، استفاده نمود (Esmaeili et al., 2011; Eskandari et al., 2009). از سویی، به‌منظور توسعه صنعت دامپروری کشور و پاسخگوی نیاز رو به رشد جامعه به فرآورده‌های پروتئینی، نیاز به رویکردی جدی به‌منظور تأمین علوفه باکیفیت دام، مقوله‌ای غیرقابل انکار است (Nazari et al., 2014). در واقع محدودیت عمده در سیستم‌های تولید محصولات دامی، هزینه خوراک است که در طول سال با نوسانات قیمت، روبروست (Shahraki & Barani, 2012). متأسفانه در ایران نیز توجه کمتر به تولید و مدیریت گیاهان علوفه‌ای باکیفیت در مقایسه با سایر گیاهان زراعی از یک سو موجب کمبود گوشت و مواد لبنی و از سوی دیگر، باعث افزایش فشار دام بر مراتع و نهایتاً فرسایش خاک شده است (Javanmard et al., 2010). تأمین نیاز غذایی دام از لحاظ انرژی، پروتئین، مواد معدنی و ویتامین‌ها، جهت رسیدن به عملکرد مطلوب دام، امری ضروری است که فراهمی آن زمانی میسر است که کیفیت علوفه از لحاظ ترکیبات شیمیایی و جنبه‌های فیزیکی مورد مطالعه قرار گیرد (Javanmard et al., 2015). صادق‌پور و همکاران (Sadeghpour et al., 2013) نیز تولید محصول با کمیت و کیفیت مناسب را به‌عنوان یک چالش در مناطق خشک و نیمه‌خشک معرفی می‌کنند، هرچند کیفیت علوفه یا به‌عبارتی مجموع مواد تشکیل‌دهنده گیاهی مؤثر بر استفاده دام از غذا، یک تعریف نسبی است که به هدف تولید دامدار وابسته می‌باشد (Arzani, 2009) امّا در هر حال، محققان، علوفه مطلوب را، علوفه‌ای با الیاف شوینده اسیدی کمتر، قابلیت هضم ماده خشک، پروتئین خام، کربوهیدرات محلول در آب و درصد خاکستر بیشتر، معرفی کرده‌اند (Dahmardeh et al., 2009). بنابراین، می‌توان کشت مخلوط غلات و بقولات را یکی از انواع روش‌های مؤثر در تولید علوفه باکیفیت بالا، معرفی نمود، محققان در بررسی کیفیت علوفه کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Vigna radiata* L.)، بهبود کیفیت علوفه حاصل از کشت مخلوط نسبت به کشت خالص دو گیاه را گزارش کردند (Dahmardeh & Rigi, 2013). در مطالعه ارزیابی کیفیت علوفه در کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata* L.)، بالاترین میزان خاکستر از تیمار کشت مخلوط حاصل شد (Akhtar, 2010). همچنین زند - وکیلی و همکاران (Zandvakili et al., 2012) بیشترین میزان قابلیت هضم علوفه لوبیا- سورگوم را از نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ دو گیاه به‌دست آوردند.

بنابراین، براساس اهمیت زراعت گیاهان علوفه‌ای در اقتصاد ملی، یکی از راهکارهای مؤثر در افزایش پایداری، امنیت غذایی، بهبود کیفیت محصولات و کاهش اثرات منفی در اگرواکوسیستم‌ها، به‌کارگیری کشت مخلوط، می‌باشد (Nasiri et al., 2015). علی‌رغم اثرات مفید کشت مخلوط، طراحی صحیح و انتخاب مناسب گیاهان موجود در مخلوط، به‌منظور حصول علوفه باکیفیت، از اهمیت خاصی برخوردار است (Fernandez-Aparicio, et al., 2010؛ Lithourgidis et al., 2011). بر همین اساس در این بررسی، گیاه ارزن (دارای سیستم فتوسنتزی چهار کربنه، کیفیت مطلوب علوفه و متحمل به کم‌آبی) به‌همراه گیاه لوبیا تپاری[1] (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) انتخاب شدند. لوبیا تپاری، یکی از پنج گونه زراعی مهم جنس فازئولوس، مناسب کشت در مناطق خشک دنیا و توانمند در تثبیت نیتروژن با مسیر فتوسنتزی متفاوت نسبت به گیاه ارزن است (Chris, 2005). این گیاه از گذشته‌های دور به‌عنوان لوبیا محلی جیرفت کشت می‌شده است، امّا باوجود ۱۴۷۰ هکتار سطح زیر کشت در منطقه، هنوز اطلاعات مستندی راجع به منشأ و چگونگی ورود آن به منطقه جیرفت، موجود نیست و اطلاعات مستند و نتایج بررسی‌های مزرعه‌ای اندکی برای این گیاه به ثبت رسیده است (Madani et al., 2008). این پژوهش با هدف ارزیابی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط لوبیا تپاری و دو رقم ارزن انجام شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در بهار سال ۱۳۹۵ در مزرعه نمونه واقع در شهرستان جیرفت با عرض جغرافیایی ۲۸ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی، و ارتفاع ۶۲۵/۶ متر از سطح دریا، با اقلیم خشک، تابستان‌های بسیار گرم و زمستان‌های ملایم اجرا گردید. آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۳۰ تیمار و در سه تکرار، انجام شد. دو گیاه با تراکم مطلوب ۲۰ بوته در مترمربع و با فاصله بین ردیف، ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر، در نظر گرفته شدند (Madani et al., 2010).

1- Tepary bean

تیمارهای آزمایش شامل ترکیب لوبیا تپاری و دو رقم ارزن پیشاهنگ و باستان و نسبت‌های اختلاط کشت مخلوط جایگزینی (۷۵:۲۵، ۵۰:۵۰، ۲۵:۷۵ لوبیا تپاری- ارزن باستان، کشت خالص لوبیا تپاری، کشت خالص ارزن باستان و همین نسبت‌های اختلاط لوبیا تپاری با ارزن پیشاهنگ)، بودند. ابعاد هر کرت آزمایش ۳/۵ × ۳/۵ متر انتخاب شد. کشت دو گیاه به‌طور همزمان به‌روش کشت مخلوط جایگزینی ردیفی به‌صورت دستی و در تاریخ‌های هفتم و هشتم اردیبهشت ۱۳۹۵، انجام گرفت. آبیاری مزرعه به‌صورت قطره‌ای بود که باتوجه به شرایط منطقه و به‌منظور جلوگیری از تنش خشکی، تا زمان استقرار کامل بوته‌ها به‌صورت روزانه، سپس با رشد کانوپی و ایجاد سایه‌انداز، آبیاری هر هفت روز یک‌بار انجام می‌شد. در طول دوره رشد هیچ‌گونه مبارزه شیمیایی علیه آفات و بیماری‌ها صورت نگرفت و عملیات وجین علف‌های هرز در دو مرحله دو تا چهار برگی و اواسط رشد رویشی انجام شد. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد علوفه، گیاهان از سطحی معادل یک مترمربع پس از اعمال اثر حاشیه‌ای، برداشت شدند. پس از برداشت علوفه و اختلاط با نسبت‌های مشخص نمونه‌های خشک شده آن‌ها، ۱۵-۱۰ گرم از اندام‌های هوایی گیاهان هر کرت آسیاب شده و سپس به‌کمک دستگاه طیف‌سنج مادون‌قرمز[1] اندازه‌گیری صفات کیفی علوفه شامل میزان خاکستر علوفه، قابلیت هضم ماده‌خشک[2]و کربوهیدرات‌های محلول در آب[3]، انجام گرفت (Roberts et al., 2003). روش طیف‌سنجی اشعه مادون قرمز نزدیک، از روش‌های فیزیکی و غیرمخربی است که در آن هیچ‌گونه محلول شیمیایی به‌کار نرفته و علاوه‌بر ایمنی، دارای سرعت فوق‌العاده زیادی نیز است (Charehsaz et al., 2012). سیستم طیف‌سنج مادون قرمز مورد استفاده، سری اینفراماتیک ۸۶۲۰[4] شرکت پرتن با ۲۰ طول موج در دامنه ۲۴۰۰-۵۰۰ نانومتر بود. به‌منظور اندازه‌گیری عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم و منیزیم، آماده‌سازی نمونه‌های هر تیمار به‌روش سوزاندن خشک و ترکیب با HCL، انجام شد بدین ترتیب، دو گرم از بافت گیاه درون کروزه چینی در کوره الکتریکی با دمای ۶۰۰-۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت شش ساعت قرار گرفت. پس از سوختن کامل نمونه‌ها تا مرحله ایجاد پودر سفید رنگ، خاکستر حاصل در هر کروزه را با مقدار کمی آب مقطر، خیس کرده و سپس

1- Near Infra Red (NIR)
2- Dry matter digestibility (DMD)
3- Water soluble carbohydrat (WSC)
4- Informatics 8620

به‌آرامی مقدار ۱۰ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریک (دو مول در لیتر) اضافه شد. کروزه‌ها در حمام آب داغ با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان خروج اولین بخارات سفید رنگ از نمونه‌ها قرار گرفتند، محتویات هر کروزه را به‌طور جداگانه از کاغذ صافی به داخل بالون ژوژه ۱۰۰ میلی‌لیتری صاف کرده و به حجم رسانده شد (Emami, 1997). عناصر سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر مدل AFP-100 و کلسیم و منیزیم توسط دستگاه جذب اتمیک مدل A-Analyst 400 اندازه‌گیری شد و مقادیر آن‌ها بر حسب گرم در ۱۰۰ گرم ماده خشک گزارش شد. جهت ارزیابی کشت مخلوط نسبت به خالص، با استفاده از معادله ۱، میزان عملکرد نسبی کل محاسبه گردید (Ghanbari et al., 2010).

$$RYT= R_{A}+R_{B} \qquad \text{(۱) معادله}$$

$R_A= Y_{AB}/\ Y_{AA}$ و $R_B= Y_{BA}/\ Y_{BB}$ که در آن Y_{AB}، میزان عملکرد محصول گونه A در مخلوط با گونه B و Y_{BA}، میزان عملکرد محصول گونه B در مخلوط با گونه A و Y_{AA}، میزان عملکرد محصول گونه A در کشت خالص گونه A و Y_{BB}، میزان عملکرد محصول گونه B در کشت خالص گونه B، است. تجزیه آماری داده‌ها و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار SAS Ver. 12 و Excel و مقایسه میانگین‌ها در سطح احتمال پنج درصد، با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد کل علوفه خشک

عملکرد کل علوفه خشک، تحت تأثیر نوع رقم ارزن و نسبت‌های اختلاط با لوبیا تپاری قرار گرفت ($p\leq ۰/۰۱$) (جدول ۱). بیشترین مقدار عملکرد کل علوفه خشک تولیدی از رقم ارزن پیشاهنگ و از نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن به‌دست آمد. اثرمتقابل نوع ارزن و نسبت‌های اختلاط نیز بر این صفت معنی‌دار شد ($p\leq ۰/۰۵$) (جدول ۱). بیشترین عملکرد کل علوفه خشک در تیمار ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن باستان با افزایش ۱۲/۵۹ درصد نسبت به تک‌کشتی لوبیا تپاری و ۸۷/۵۸ درصد نسبت به کشت خالص ارزن باستان و کمترین میزان عملکرد کل علوفه خشک در تیمار کشت خالص هر دو نوع رقم ارزن مشاهده شد (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا و ارقام ارزن بر صفات مورد مطالعه

Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for intercropping rations of bean and millet cultivars on studied traits

								عملکرد نسبی کل (براساس عملکرد علوفه) Relative yield total (based on forage yield)								
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد کل علوفه تر Total wet forage yield	عملکرد کل علوفه خشک Total dry forage yield	خاکستر Ash	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility	کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrate	کلسیم Ca	منیزیم Mg	سدیم Na	پتاسیم K	علوفه تر لوبیا تپاری Wet forage of tepary bean	علوفه تر ارزن Wet forage of millet	علوفه خشک لوبیا تپاری Dry forage of tepary bean	علوفه خشک ارزن Dry forage of millet	علوفه تر کل Total wet forage	علوفه خشک کل Total dry forage
تکرار Replication	2	4756133	16043.90	0.85	11.56	0.39	0.016	0.046	0.000009	0.298	0.0052	0.118	0.0007	0.0620	0.1161	0.0526
رقم ارزن Millet cultivar (C)	1	17313396**	817763.41**	2.55**	3.60ns	0.95ns	0.128**	0.153**	0.00000ns	7.691**	0.0068ns	0.0727ns	0.0363*	0.0059ns	0.0351ns	0.0128ns
نسبت اختلاط Intercropping ratio (I)	3	313604398**	13467640.01**	0.99**	84.09**	2.03**	4.041**	0.461**	0.00062**	7.222**	0.6305**	0.8354**	0.4200**	0.7268**	1.1700**	0.9907**
C× I	3	10840061**	325474.66*	0.39*	7.66*	1.09**	0.053**	0.106**	0 .000003ns	3.499**	0.0665**	0.0152ns	0.0325*	0.0080ns	0.1310 ns	0.0649 ns
خطا Error	18	1209908	75884.73	0.08	2.48	0.27	0.009	0.027	0.000062	0.115	0.0045	0.0566	0.0043	0.0235	0.0627	0.0288
ضریب تغییرات C.V (%)	-	7.25	9.38	2.93	2.76	4.90	5.12	7.38	8.40	8.55	8.89	23.60	9.48	14.98	14.15	9.87

*،** و ns: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیرمعنی‌دار

*, ** and ns: Significant at 5% and 1% probability levels and not significant, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرمتقابل نسبت‌های کشت مخلوط لوبیا تپاری و ارقام ارزن بر صفات کمّی و کیفی علوفه کل گیاهان

Table 2- Mean of comparisons of the interaction of intercropping ratio of tepary bean and millet cultivars on quantitative and qualitative traits of plants total forage

نسبت کاشت Intercropping ratio	عملکرد کل علوفه تر Total wet forage ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد کل علوفه خشک Total dry forage ($kg.ha^{-1}$)	خاکستر Ash (%)	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility (%)	کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrate (%)	پتاسیم K (%)	کلسیم Ca (%)	منیزیم Mg (%)
کشت خالص لوبیا تپاری Sole cropping Tepary bean	17870.5^{d*}	3929.4^{bc}	9.60^{d}	51.79^{d}	9.99^{cd}	2.343^{e}	2.569^{a}	2.506^{ab}
۲۵:۷۵ لوبیا تپاری- ارزن باستان 75:25 bean- Bastan millet	15415.3^{e}	2806.4^{d}	10.03^{bcd}	52.98^{d}	9.83^{d}	3.520^{d}	2.641^{a}	2.522^{a}
۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن باستان 50:50 bean- Bastan millet	24549.4^{a}	4495.1^{a}	10.52^{ab}	59.34^{a}	10.69^{bcd}	6.796^{a}	2.627^{a}	2.369^{ab}
۲۵: ۷۵ لوبیا تپاری- ارزن باستان 25:75 bean- Bastan millet	10628.2^{f}	2065.0^{e}	10.96^{a}	58.93^{ab}	10.91^{b}	5.306^{b}	1.174^{c}	2.114^{cd}
کشت خالص ارزن باستان Sole cropping Bastan millet	3503.3^{g}	778^{f}	10.99^{a}	59.87^{a}	10.61^{bc}	4.400^{c}	0.974^{d}	2.014^{d}
کشت خالص لوبیا تپاری Sole cropping Tepary bean	17870.5^{d}	3929.4^{bc}	9.60^{d}	51.79^{d}	9.99^{cd}	2.343^{e}	2.569^{a}	2.506^{ab}
۲۵:۷۵ لوبیا تپاری- ارزن پیشاهنگ 75:25 bean- Pishahang millet	20181.1^{c}	3794.5^{c}	9.53^{d}	55.95^{c}	11.08^{b}	3.350^{d}	2.586^{a}	2.200^{bcd}
۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن پیشاهنگ 50:50 bean- Pishahang millet	22447.8^{b}	4375.5^{ab}	10.31^{bc}	56.47^{bc}	10.33^{bcd}	3.513^{d}	2.164^{b}	2.253^{abcd}
۷۵:۲۵ لوبیا تپاری- ارزن پیشاهنگ 25:75 bean- Pishahang millet	13854.3^{e}	2697.5^{d}	9.82^{cd}	60.44^{a}	12.21^{a}	3.416^{d}	1.092^{cd}	2.316^{abcd}
کشت خالص ارزن پیشاهنگ Sole cropping Pishahang millet	5210.0^{g}	808.2^{f}	9.92^{cd}	61.74^{a}	10.21^{bcd}	4.680^{c}	0.921^{d}	1.536^{e}

* در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan test.

به نظر می‌رسد به‌دلیل تفاوت‌های مورفولوژیکی لوبیا تپاری و ارزن و نیز تفاوت در نوع ارقام ارزن استفاده شده، نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری و ارزن باستان، عملکرد ماده خشک بیشتری نسبت به کشت خالص تولید کرده است. براساس بررسی محققان، بیشترین وزن خشک کل علوفه سویا (*Glaycine max*) و ذرت (*Zea mays* L.) از کشت مخلوط و نسبت‌های مختلف اختلاط به‌دست آمد، به‌طوری‌که بیشترین وزن خشک علوفه کل از تیمار ۷۵: ۲۵ ذرت- سویا حاصل شد که این تیمار از نظر آماری تفاوتی با تیمارهای کشت خالص ذرت و ۵۰:۵۰ ذرت- سویا نداشت (Baghdadi et al., 2016). در کشت مخلوط ماشک (*Vicia sativa* L.) و تریتیکاله (*Lolium moltiflorum*)، عملکرد کل علوفه خشک حاصل از کشت مخلوط ۵۰:۵۰ ماشک- تریتیکاله، نسبت به سایر تیمارها برتری داشت. محققان افزایش عملکرد را به تولید برگ بیشتر حبوبات نسبت به غلات نسبت دادند (Budakli Carpici & Celik, 2014).

تأثیر کشت مخلوط بر مقدار خاکستر علوفه

محتوی خاکستر علوفه شامل مواد معدنی لازم جهت تولید هورمون، آنزیم‌ها، ساخت بافت‌های گیاهی و بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهی می‌باشند (Geren et al., 2008). لذا ارزش غذایی علوفه با خاکستر بیشتر، برای دام بیشتر است (Kheradmand et al., 2015). اثر نوع رقم ارزن، نسبت اختلاط ($p \leq ۰/۰۱$) و اثر متقابل آن‌ها بر میزان خاکستر علوفه معنی‌دار بود ($p \leq ۰/۰۵$) (جدول ۱). بیشترین درصد خاکستر، از تیمار ارزن باستان در مخلوط و از تک‌کشتی ارزن و همچنین از نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ و ۲۵: ۷۵ لوبیا تپاری- ارزن، به‌ترتیب با ۱۰/۴۵، ۱۰/۴۱ و ۱۰/۳۹ درصد حاصل شد (جدول ۳). کمترین مقدار خاکستر نیز متعلق به تیمار ۷۵: ۲۵ لوبیا تپاری- ارزن پیشاهنگ بود (جدول ۲). در برخی بررسی‌های صورت گرفته با مقایسه جداگانه میزان خاکستر هر یک از گیاهان خانواده غلات و بقولات موجود در مخلوط، با افزایش درصد غله، میزان خاکستر علوفه کاهش و در بقولات افزایش یافته است. در کشت مخلوط غلات و بقولات عموماً با افزایش میزان بقولات در ترکیب، روند کاهشی میزان خاکستر علوفه قابل مشاهده است که از جمله دلایل ذکر شده محققان می‌توان به استفاده بهتر غلات از منابع و عناصر غذایی در کشت مخلوط اشاره کرد (Pakgohar & Ghanbari, 2014). به نظر می‌رسد در این پژوهش رقم باستان به دلایلی از قبیل قدرت رقابت بهتر در مخلوط و تولید برگ بیشتر، مواد معدنی بیشتری نسبت به رقم پیشاهنگ ذخیره کرده است. در بررسی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط ذرت و ماش، تأثیر مثبت کشت مخلوط بر میزان خاکستر علوفه، گزارش شده است هرچند که در مجموع، میزان خاکستر علوفه ذرت بیشتر از ماش بود (Dahmardeh & Rigi, 2013). آسانجلا و گوهین (Asangla & Gohain, 2016) نیز بالاترین میزان خاکستر را برای علوفه ذرت، از نسبت اختلاط ۱:۱ ذرت- لوبیا چشم‌بلبلی به‌دست آوردند. محققان دیگری به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان درصد خاکستر علوفه را در نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ جو- خلر، (عدم تفاوت آماری با تیمار کشت خالص جو) و کشت خالص خلر با میانگین ۱۰/۴۶ درصد مشاهده کردند (Kheradmand et al., 2015).

در مطالعه عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای و خلر در شرایط کم‌آبیاری، اثر هیچ یک از تیمارهای کشت مخلوط بر صفت درصد خاکستر معنی‌دار نشد (Dashtaki & Chaichi, 2012). امّا بررسی خلعتبری و همکاران (Khalatbari et al., 2010) در کشت مخلوط افزایشی سورگوم و ارزن مرواریدی، کاهش درصد خاکستر علوفه را نشان داد که این نتیجه بیانگر اهمیت نوع گیاهان انتخابی در کشت مخلوط می‌باشد، زیرا پایین بودن میزان مواد معدنی موجود در غلات دانه‌ریز، عامل مؤثر در کم شدن میزان خاکستر علوفه حاصل از کشت مخلوط افزایشی این دو گیاه از خانواده غلات است (Ditsch & Bitzer, 2005). بنابراین، مخلوط غلات و بقولات اغلب منجر به تولید علوفه، با کیفیت بالا به‌دلیل افزایش پروتئین خام و درصد خاکستر می‌باشد (Ghanbari & Lee, 2003).

تأثیر کشت مخلوط بر قابلیت هضم ماده خشک علوفه

نتایج، نشان داد که اثر نسبت اختلاط و اثر متقابل آن با ارقام ارزن بر صفت قابلیت هضم ماده خشک، معنی‌دار شد ($p \leq ۰/۰۱$) (جدول ۱). بالاترین میزان قابلیت هضم ماده خشک از تک‌کشتی ارزن (با ۶۰/۸۱ درصد) به‌دست آمد که از نظر آماری با تیمار ۲۵: ۷۵ و ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن تفاوت نداشت. همچنین کمترین مقدار قابلیت هضم ماده خشک از تیمار تک‌کشتی لوبیا تپاری با ۵۱/۷۹ درصد، حاصل شد (جدول ۳).

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر کشت مخلوط لوبیا تپاری و ارقام ارزن بر صفات کیفی علوفه کل و شاخص عملکرد نسبی کل

Table 4- Mean of comparison of intercropping rations of tepary bean and millet cultivars on qualitative traits of total forage and Relative yield total (RYT)

تیمار Treatment	خاکستر Ash (%)	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility (%)	کربوهیدرات محلول در آب Water soluble carbohydrate (%)	کلسیم Ca (%)	منیزیم Mg (%)	سدیم Na (%)	پتاسیم K (%)	عملکرد نسبی کل (براساس عملکرد علوفه) Relative Yield Total (based on forage yield): علوفه تر لوبیا تپاری Wet forage of tepary bean	علوفه تر ارزن Wet forage of millet	علوفه خشک لوبیا تپاری Dry forage of tepary bean	علوفه خشک ارزن Dry forage of millet	علوفه کل تر Total wet forage	علوفه کل خشک Total dry forage
نسبت کاشت Intercropping ratio													
کشت خالص لوبیا تپاری Sole cropping tepary bean	9.60^{b*}	51.79^{d}	9.99^{b}	2.57^{a}	2.51^{a}	0.045^{c}	2.34^{d}	-	-	-	-	-	-
۲۵:۷۵ لوبیا تپاری- ارزن 75:25 bean- millet	9.78^{b}	54.46^{c}	10.41^{b}	2.61^{a}	2.36^{ab}	0.057^{b}	3.43^{c}	0.860^{b}	0.578^{b}	0.7403^{b}	0.622^{b}	1.439^{b}	1.362^{c}
۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن 50:50 bean- millet	10.41^{a}	57.91^{b}	10.51^{b}	2.39^{b}	2.31^{ab}	0.053^{a}	5.15^{a}	1.022^{a}	1.248^{a}	0.9351^{a}	1.227^{a}	2.270^{a}	2.162^{a}
۷۵:۲۵ لوبیا تپاری- ارزن 25:75 bean- millet	10.39^{a}	59.69^{ab}	11.56^{a}	1.13^{c}	2.21^{b}	0.069^{a}	4.36^{b}	0.397^{c}	1.198^{a}	0.4116^{c}	1.224^{a}	1.596^{b}	1.635^{b}
کشت خالص ارزن Sole cropping millet	10.45^{a}	60.81^{a}	10.42^{b}	0.95^{d}	1.77^{c}	0.068^{a}	4.54^{b}	-	-	-	-	-	-
ارقام ارزن درکشت مخلوط Millet cultivars of intercropping													
ارزن باستان- لوبیا تپاری Bastan cultivar- tepary bean	10.42^{a}	56.59^{a}	10.41^{a}	1.99^{a}	2.30^{a}	0.059^{a}	4.47^{a}	0.740^{a}	1.072^{a}	0.650^{b}	1.042^{a}	1.813^{a}	1.693^{a}
ارزن پیشاهنگ- لوبیا تپاری Pishahang cultivar - tapary bean	9.83^{b}	57.28^{a}	10.77^{a}	1.87^{b}	2.16^{b}	0.057^{a}	3.46^{b}	0.779^{a}	0.945^{a}	0.740^{a}	1.006^{a}	1.724^{a}	1.746^{a}

* در هر ستون و برای هر جزء میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

* Means in each column and for each component followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan test.

بالاترین میزان قابلیت هضم ماده خشک نیز از تیمار تک‌کشتی ارزن پیشاهنگ و تیمارهای ۲۵: ۷۵، ۵۰: ۵۰ لوبیا تپاری- ارزن و نیز تک‌کشتی ارزن باستان و کمترین آن، در تک‌کشتی لوبیا تپاری و ۷۵: ۲۵ لوبیا تپاری- ارزن باستان، مشاهده شد تیمار تک‌کشتی ارزن پیشاهنگ (تیمار بالاترین میزان قابلیت هضم) حاوی ۱۵/۳۶ درصد افزایش نسبت به تک‌کشتی لوبیا تپاری (تیمار کمترین قابلیت هضم) بود (جدول ۲).

قابلیت هضم ماده خشک علوفه یکی از مهم‌ترین صفات برای افزایش وزن‌گیری دام‌ها و تولید شیر می‌باشد (Hail et al., 2009; Coleman & Moore, 2003). بهبود و افزایش میزان آن، دریافت علوفه را برای دام حداکثر می‌نماید و کارآیی تبدیل عناصر مغذی را به‌وسیله حیوان بهبود می‌بخشد (Dahmardeh et al., 2009). امّا با وجود گزارش‌های متداول مبنی بر هضم‌پذیری بیشتر بقولات نسبت به غلات، تفاوت میزان هضم‌پذیری انواع بقولات نیز توسط برخی محققان گزارش شده است. محققان در بررسی کشت مخلوط بقولات و انواع غلات، به بالا بودن میزان قابلیت هضم غلات نسبت به برخی از بقولات، اشاره کرده‌اند که از دلایل آن کمتر بودن میزان لیگنین موجود در غلات مورد بررسی نسبت به لیگنین ماشک معمولی و در نتیجه، کاهش میزان الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی این غلات می‌باشد (Lithourgidis et al., 2006). از دلایل مؤثر در ایجاد این شرایط می‌توان به بالا بودن میزان لیگنین موجود در چنین بقولاتی اشاره کرد که این نتیجه را برخی محققان نیز تأیید کرده‌اند (Buchanan et al., 2000; Carpita & McCann, 2000). همچنین باتوجه به مقادیر بالای الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی به‌دست آمده از علوفه حاصل از تیمار تک‌کشتی لوبیا تپاری و با توجه به آنکه میزان الیاف نامحلول در شوینده‌های اسیدی، حاصل جمع مقدار لیگنین و سلولز است، به نظر می‌رسد کاهش میزان هضم-پذیری لوبیا تپاری نسبت به ارزن ناشی از بالا بودن میزان این صفت در این گیاه باشد. از سویی دیگر، باتوجه به مقدار کلسیم و منیزیم بیشتر در علوفه ارزن باستان نسبت به علوفه ارزن پیشاهنگ (جدول ۳) و در نتیجه، توانایی بالاتر ارزن باستان نسبت به ارزن پیشاهنگ در جذب این عناصر، خشبی‌تر بودن بافت این رقم ارزن نسبت به رقم پیشاهنگ، دور از ذهن نیست. در بررسی تأثیر کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی بر عملکرد و کیفیت علوفه، بالاترین میزان هضم-پذیری علوفه در بین تیمارهای افزایشی و جایگزینی، در تیمار نسبت اختلاط ۱۰۰: ۵۰ ذرت- لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده شد که این تیمار تفاوت آماری با تیمار تک کشتی ذرت و نسبت اختلاط ۱۰۰: ۱۰۰، ۱۰۰: ۵۰ و ۵۰: ۵۰ لوبیا چشم‌بلبلی- ذرت نشان نداد (Dahmardeh et al., 2009). همچنین کمترین میزان قابلیت هضم ماده خشک نیز در کشت مخلوط ۷۵: ۲۵ لوبیا چشم‌بلبلی- ذرت گزارش شده است هر چند که این تیمار با تیمار تک‌کشتی لوبیا چشم‌بلبلی تفاوت آماری نداشت، این نتایج می‌تواند ناشی از بالا بودن میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در لوبیا چشم بلبلی نسبت به ذرت، باشد، امّا محققان دیگری در بررسی تأثیر کشت مخلوط ذرت و سویا بر میزان ماده خشک و جذب عناصر غذایی علوفه، افزایش میزان قابلیت هضم ماده خشک علوفه با افزایش سویا در سیستم کشت مخلوط با ذرت را گزارش کردند که از دلایل آن به افزایش میزان غلظت پروتئین حاصل از افزودن سویا در مخلوط، اشاره شده است (Baghdadi et al., 2016).

تأثیر کشت مخلوط برمقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه

باوجود عدم تأثیر معنی‌دار رقم ارزن در مخلوط برکربوهیدرات‌های محلول در آب، نسبت اختلاط و اثرمتقابل دو تیمار بر این صفت معنی‌دار شدند ($p \leq ۰/۰۱$) (جدول ۱). بیشترین و کمترین درصد کربوهیدرات‌های محلول در آب به‌ترتیب از نسبت اختلاط ۲۵: ۷۵ لوبیا تپاری- ارزن پیشاهنگ (۱۲/۲۱ درصد) و نسبت اختلاط ۷۵: ۲۵ لوبیا تپاری- ارزن باستان با ۱۹/۴۹ درصد افزایش نسبت به یکدیگر حاصل شد (جدول ۳).

کربوهیدرات‌های محلول در آب نیز همچون قابلیت هضم، از مهم‌ترین اجزای کیفیت علوفه می‌باشند، زیرا این صفت نماینده مهم‌ترین منبع انرژی در جیره‌ی تمام شده است (Coleman & Moore, 2003). در بررسی عوامل متعدد مؤثر بر میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب، برخی محققان گزارش کردند غلظت کربوهیدرات‌های محلول در آب در گیاهان در فصل بهار بیشتر، در فصل تابستان کم شده و دوباره در فصل پاییز افزایش می‌یابد، امّا این افزایش حدود نصف سطح قبلی آن در فصل بهار است (Volaire et al., 2005). از سوی دیگر، محتوی کربوهیدرات‌های محلول در آب،

در اندام‌های مختلف متفاوت است و عموماً میزان آن در ساقه ۵۰ درصد بیشتر از برگ است. نوع لگوم نیز از دیگر عوامل مؤثر بر مقدار کربوهیدرات‌های محلول در آب است، زیرا براساس نتایج مختلف، در انواع بقولات مقادیر متفاوتی از کربوهیدرات‌های محلول، موجود می‌باشد. از دیگر عوامل نیز می‌توان به دما، شدت نور، عملکردهای مدیریتی مانند میزان مصرف کود نیتروژنه و نحوه بهره‌برداری آن اشاره کرد (Charehsaz et al., 2010). میزان این صفت در غلات به دلایلی چون نقش مؤثر آن در زنده‌مانی پنجه‌های رویشی و افزایش طول عمر گندمیان عموماً بیشتر از بقولات است (Hoekstra & Schulte, 2007). در نتیجه، با افزودن غلات به بقولات علوفه‌ای و افزایش میزان آن در علوفه‌ی بقولات، امکان سیلو کردن بقولات فراهم می‌گردد. نکته قابل ذکر آن است که از عوامل مؤثر بر این صفت نیز نسبت برگ به ساقه در غلات است که با کاهش میزان آن مقدار این صفت افزایش می‌یابد. محققان در بررسی کشت مخلوط ارقام ذرت و ماش (*Vigna radiata* L.)، تأثیر نسبت اختلاط را بر این صفت معنی‌دار گزارش کردند که بیشترین میزان آن از تیمار ۷۵: ۲۵ ذرت رقم ۲۶۰- ماش، به‌دست آمد (Dahmardeh & Rigi, 2013). نتایج بررسی کشت مخلوط ذرت و سویا نیز نشان‌دهنده اثر مثبت کشت مخلوط در افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب علوفه می‌باشد، محققان عامل وجود رابطه عکس بین میزان پایین پروتئین خام غلات با میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب را گزارش نمودند (Baghdadi et al., 2016). به همین دلیل با افزودن غلات به بقولات در کشت مخلوط، افزایش میزان کربوهیدرات‌های محلول در آب در علوفه مخلوط، مشاهده می‌شود.

تأثیر کشت مخلوط بر مقدار سدیم و پتاسیم علوفه

جهت افزایش عملکرد کمّی و کیفی گیاهان، لازم است با به‌کارگیری روش‌های مختلف، جذب عناصر غذایی توسط گیاه زراعی تاحد امکان با کارآیی بالا صورت گیرد، زیرا فراهمی عناصری چون کلسیم، منیزیم، پتاسیم و فسفر، برای رشد متعادل انواع دام‌های تغذیه‌کننده از علوفه مذکور، به اثبات رسیده است (Radwinska & Zarcynska, 2014). یکی از این روش‌ها، به‌کارگیری کشت مخلوط است که در این بررسی باوجود عدم معنی‌داری اثر رقم ارزن موجود در مخلوط بر میزان سدیم علوفه، امّا نسبت اختلاط معنی‌دار بود ($p\leq0/01$) (جدول ۱). بیشترین درصد سدیم، از تیمار ۲۵: ۷۵ لوبیا تپاری- ارزن، با ۳۴/۷۸ درصد افزایش نسبت به تک‌کشتی لوبیا تپاری حاصل شد که تفاوت آماری با تک‌کشتی ارزن نداشت (جدول ۳). همچنین اثر نوع رقم ارزن بر میزان پتاسیم علوفه معنی‌دار شد ($p\leq0/01$) (جدول ۱). بیشترین درصد پتاسیم از رقم باستان در ترکیب کشت مخلوط به‌دست آمد. نسبت اختلاط نیز تأثیر معنی‌داری بر میزان پتاسیم علوفه داشت. اثرمتقابل این دو عامل نیز بر این صفت معنی‌دار بود ($p\leq0/01$) (جدول ۱). بیشترین میزان پتاسیم موجود در علوفه از نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن باستان حاصل شد که به‌ترتیب ۶۵/۵۳، ۳۵/۱۹ و ۳۱/۰۷ درصد افزایش، نسبت به تک‌کشتی لوبیا تپاری، کشت خالص ارزن باستان و تک‌کشتی ارزن پیشاهنگ داشت. کمترین مقدار آن نیز در تیمار کشت خالص لوبیا تپاری مشاهده شد (جدول ۲).

میزان دسترسی به عناصر برای گیاهان، توسط عواملی از قبیل خواص بیولوژیکی، فیزیولوژیکی و شیمیایی خاک و همچنین محیط ریزوسفر اطراف ریشه، تعیین می‌شود. بر اساس بررسی‌های انجام شده محققان، تلفیق غلات و بقولات را یکی از عوامل افزایش کیفیت علوفه از لحاظ مواردی از قبیل میزان عناصر معدنی معرفی کرده‌اند (Fageria et al., 2010). در کشت مخلوط، ترشحات ریشه دو گیاه با هم مخلوط شده و فراهمی عناصر در ریزوسفر افزایش می‌یابد (Marschner, 2011). آنچنان‌که افزایش pH ریزوسفر در اثر ترشحات ریشه خلر و در نتیجه، تأثیر این فرایند بر فراهمی فسفر برای گیاه ارزن، گزارش شده است (Pakgohar et al., 2014). به نظر می‌رسد با توجه به دلایلی مانند امکان وجود تفاوت ترکیبات مترشحه از ریشه انواع گیاهان، توانایی غلات در جذب بهتر عناصر تک ظرفیتی و سرعت پایین انتقال این عناصر توسط غلات به بخش‌های هوایی و در نتیجه، افزایش غلظت آن در شیره سلولی، بالا بودن میزان این عناصر در تیمارهایی با درصد بالای غلات، طبیعی باشد هر چند که میزان آن در تیمارهای دارای ارقام مختلف گونه‌های موجود در ترکیب، متفاوت است. محققان در مطالعه کشت مخلوط ذرت علوفه‌ای و گاودانه (*Vicia ervilia* L.) و لوبیا، گزارش کردند که با تغییر نظام کشت از تک‌کشتی ذرت به کشت مخلوط با گاودانه و لوبیا افزایش ۱۱/۷ و ۶/۹ درصد پتاسیم در ماده خشک ذرت نسبت به تک‌کشتی ذرت دیده شد، امّا این تیمارها تفاوت آماری با تک‌کشتی ذرت نداشتند و میزان سدیم موجود در ماده خشک ذرت تفاوت آماری با کشت مخلوط ذرت و گاودانه و لوبیا، نداشت (Najafi &

(mostafae, 2015).

تأثیر کشت مخلوط بر مقدار کلسیم و منیزیم علوفه

اثر نوع رقم ارزن موجود در مخلوط و نسبت اختلاط، بر درصد کلسیم موجود در علوفه معنی‌دارشد ($p\leq۰/۰۱$) (جدول ۱). بیشترین درصد کلسیم از رقم ارزن باستان و نسبت اختلاط ۷۵: ۲۵ به‌دست آمد که تفاوت آماری با تک‌کشتی لوبیا تپاری نداشت. اثرمتقابل دو عامل نیز بر میزان این عنصر معنی‌دار شد، به‌طوری‌که بیشترین میزان آن، به‌ترتیب با افزایش ۶۳/۲۵ و ۶۵/۱۵ درصد نسبت به تک‌کشتی ارزن باستان و پیشاهنگ، از تیمار ۷۵: ۲۵ لوبیا تپاری- ارزن باستان وکمترین آن از تک‌کشتی ارزن پیشاهنگ حاصل شد (جدول۲).

عنصر منیزیم تحت تأثیر رقم ارزن و نسبت اختلاط معنی‌دار شد ($p\leq۰/۰۱$) (جدول ۱). بیشترین میزان این عنصر نیز از وجود رقم باستان و از تیمار تک کشتی لوبیا تپاری به‌دست آمد. اثرمتقابل دو عامل بر میزان منیزیم علوفه معنی‌دار شد، بیشترین مقدار منیزیم از نسبت اختلاط ۷۵:۲۵ لوبیا تپاری- ارزن باستان حاصل شد که این تیمار افزایش ۲۰/۰۷ و ۳۹/۲۸ درصدی، نسبت به تک‌کشتی ارزن باستان و پیشاهنگ داشت. (جدول ۲). افزایش جذب عناصر در سیستم‌های کشت مخلوط می‌تواند با اثرات مکملی اجزای کشت مخلوط در جستجوی عناصر غذایی در طول پروفیل خاک به‌دلیل تفاوت در عمق توسعه ریشه و نیز متفاوت بودن نوع ترشحات ریشه انواع گیاهان، امکان‌پذیر شود (Radwinska & Zarcynska, 2014). همچنین انواع حبوبات، به‌دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالای ریشه این گیاهان، قدرت رقابت بیشتری نسبت به غلات برای جذب عناصر دو ظرفیتی (کلسیم و منیزیم) دارند، درحالی که غلات برای جذب پتاسیم و فسفر قدرت رقابت بیشتری داشته که به سیستم گسترده ریشه این گیاهان مرتبط می‌باشد (Lehman et al., 1998). در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد، همین عوامل در فراهمی جذب بیشتر عناصر توسط گیاهان مؤثر بوده باشد، آنچنان‌که در تیمارهایی با نسبت بیشتر بقولات، جذب منیزیم و کلسیم افزایش یافته است. اسکندری و قنبری (Eskandari & Ghanbari, 2011) نیز اثر مثبت کشت مخلوط بقولات و غلات را در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی، در افزایش جذب عناصر دو ظرفیتی، بیان کرده‌اند. پژوهشگران در بررسی میزان عناصر در علوفه حاصل از کشت مخلوط جو و نخود نیز، به‌ترتیب افزایش ۸/۷ و ۲۰/۴ درصدی میزان کلسیم و منیزیم موجود در ماده خشک حاصل از مخلوط را در تیمار ۲۵: ۷۵ جو- لوبیا، گزارش کردند (Reinhard et al., 2016). بنابراین، به نظر می‌رسد با توجه به تفاوت‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گیاهان موجود در انواع کشت مخلوط، به‌طور کلی، جذب عناصر غذایی در سیستم کشت مخلوط بیشتر از کشت‌های خالص می‌باشد.

تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد نسبی کل علوفه

نوع رقم ارزن موجود در ترکیب بر میزان عملکرد نسبی کل علوفه تر و خشک حاصل از مخلوط، اثر معنی‌داری نداشت، امّا نسبت-های اختلاط بر میزان عملکرد نسبی کل اثری معنی‌دار داشت ($p\leq۰/۰۱$) (جدول ۱). باتوجه به مقادیر عملکرد نسبی کمتر از واحد در لوبیا تپاری و ارزن (RYT<1.0)، در برخی از ترکیبات تیماری کشت مخلوط، سهم اجزای تشکیل‌دهنده مخلوط از منابع محدود موجود، غیرهمسان و رقابت در بین اجزای تشکیل‌دهنده کشت مخلوط وجود دارد (جدول ۳). بیشترین علوفه تر و خشک لوبیا تپاری با توجه به اثر متقابل نسبت اختلاط و نوع رقم ارزن، از نسبت اختلاط ۲۵: ۷۵ لوبیا تپاری- ارزن باستان (RYT=۰/۳۶) به‌دست آمد، امّا بیشترین شاخص عملکرد نسبی کل کشت مخلوط، به‌ترتیب RYT=۱/۰۲ و RYT=۰/۹۳ از تیمار ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن باستان، حاصل شد (جدول ۳).

در این بررسی نیز با توجه به مقادیر عملکرد نسبی، به نظر می-رسد کشت مخلوط این دو گیاه با وجود تفاوت‌های موجود در ساختار و دوره رشد آن‌ها سودمند باشد، زیرا مطابق این اصل که در مقادیر عملکرد نسبی بالاتر از یک، حالت مکملی در استفاده از منابع در بین اجزای مخلوط وجود دارد و در عملکرد نسبی برابر با دو، هیچ‌گونه رقابتی بین اجزای مخلوط وجود نداشته و استفاده از منابع محیطی، مکملی کامل را دارد (Javanmard et al., 2015). حصول عملکرد نسبی کل بالاتر از یک در دو تیمار ۲۵: ۷۵ و ۷۵: ۲۵، لوبیا تپاری- ارزن، بیانگر وجود حالت مکملی در استفاده از منابع است، هر چند که در تیمار ۵۰:۵۰ این دو گیاه، مقدار بالاتر از دو عملکرد نسبی کل، حالت مکملی کامل را نشان می‌دهد، گر چه در برخی از مقادیر عملکرد نسبی اجزای محاسبه شده، میزان به‌دست آمده کمتر از یک است، امّا آنچه برای کشاورز دارای اهمیت است، میزان عملکرد نسبی کل به‌دست آمده از مخلوط و نه جزء مخلوط مؤثر در این افزایش محصول است. در ارزیابی فواید کشت مخلوط سورگوم و لوبیا مانگ

(*Vigna radiate* L.)، محققان، عملکرد نسبی کل را در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک گزارش کردند (Shaker-Koohi et al., 2014).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی عملکرد و کیفیت علوفه در کشت مخلوط لوبیا تپاری و دو رقم ارزن نشان داد که، بالاترین میزان عملکرد کل علوفه خشک، از ترکیب کشت مخلوط ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن، به‌ترتیب با افزایش ۱۲/۵۹ و ۸۷/۵۷ درصد نسبت به تک‌کشتی لوبیا تپاری و کشت خالص ارزن، حاصل شد که این نتیجه برتری کشت مخلوط این گیاه را از لحاظ عملکرد کل علوفه خشک نسبت به تک-کشتی نشان می‌دهد. کیفیت علوفه حاصل نیز تحت تأثیر کشت مخلوط قرار گرفت، هر چند که این نتیجه در نسبت‌های مختلف اختلاط دو گیاه وجود داشت، امّا در اکثر تیمارهای کشت مخلوط بیشترین درصد صفات کیفی علوفه از قبیل قابلیت هضم ماده خشک، خاکستر، کربوهیدرات‌های محلول و عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم مشاهده شد. بالاترین میزان عملکرد نسبی کل در ارزیابی عملکرد کل علوفه خشک نیز از تیمار ۵۰:۵۰ لوبیا تپاری- ارزن، به‌دست آمد. باتوجه به نتایج حاصل از این پژوهش، نسبت اختلاط ۵۰:۵۰ دو گیاه لوبیا تپاری و ارزن، به‌منظور حصول عملکرد کل علوفه تولیدی و تأثیرپذیری بهتر ارزن از همراهی کشت مخلوط موردنظر، پیشنهاد می‌شود.

References

Emami, A., 1997. Methods of plant decomposition. Ministry of Agriculture Jihad Agricultural Research, Education and Extension Organization, Soil and Water Research Institute. Tehran, Iran.

Akhtar, M.F., 2010. Agro-qualitative studies on forage sorghum (*Sorghum bicolor* L.) sown alone and in mixture with forage legumes. M.Sc. Thesis, Departman Agronomy, University Agriculture, Faisalabad, Pakistan.

Arzani, H., 2009. Forage Quality and Daily Requirment of Grazing Animal. University of Tehran Press, Iran. 278 pp. (In Persian)

Asangla, H., and Gohain, T., 2016. Effect of fodder yield and quality attributes of Maize (*Zea mays* L.)+Cowpea (*Vigna unguiculate* L.) intercropping and different nitrogen levels. International Journal of Agricultural Science and Research 6:349-356.

Asgharipour, M.R., and Rafie, M., 2010. Intercropping of isobgol (*Plantago ovata* L.) and lentil as influenced by drought stress. American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture 4: 341-348.

Baghdadi, A., Halim. R.A, Ghasemzadeh, A., and Ebrahimi, M., 2016. Effect of intercropping of corn and soyabean on dry matter yield and nutritive value of forage corn. Legume Research 39(6): 976-981.

Buchanan, B.B., Gruissen, M., and Jones, R.L., 2000. In: A.S. Lithourgidis, I.B. Vasilakoglou, C.A. Dordas, and M.D. Yiakoulaki., 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crop Research 99: 106- 113.

Budakli Carpici, E., and Celik, N., 2014. Forage yield and quality of common vetch mixtures with triticale and annual ryegrass. Turkish Journal Field Crops 19(1): 66-69.

Bulson, H.A.J., Snaydon, R.W., and Stopes, C.E., 1997. Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. Journal of Agriculture Science 128: 59-71.

Carpita, N., and Mc Cann, M., 2000. The cell wall. In: B.B. Buchanan,W. Gruissem and R.L. Jones. Biochemistery and molecular biology of plants. American Society of Plant Biologist, Maryland. USA. 108- 252.

Charehsaz, N., Ashraf Jafari, A., Arzani, H., and Azarnivand, H., 2012. Prediction of forage quality parameters in some range species by near infrared reflectance spectroscopy. Watershed Management Research (Pajouhesh and Sazandegi) 94: 45- 54. (In Persian with English Summary)

Charehsaz, N., Ashraf Jafari, A., Arzani, H., and Azarnivand, H., 2010. Changes of soluble carbohydrates in three species of *Dactylis glomerata*، *Bromus tomentellus* and *Agropyron intermedium* on intermedium in three phonological stages. Rangeland 4: 121-129. (In Persian with English Summary)

Chris, A., 2005. Yield and nitrogen fixation response by drought tolerant tepary bean (*Phaseolus acutifolius* A. Gray Var. latifolius) in sole and maize intercrop systems in semi- arid southeast Kenya. Journal of Food Technology 3(3): 300-307.

Coleman, S.E., and Moore, J.E., 2003. Feed quality and animal performance. Field Crops Research 84: 17-29.

Dahamardeh, M., and Rigi, K., 2013. Evaluation of yield and forage quality in intercropping of maize (*Zea mays* L.) and mungbean (*Vigna radiata* L.). Iranian Journal of Crop Science 44(1): 159-168. (In Persian with English Summary)

Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Ali Siah Sar, B., and Ramroudi, M., 2010. Effect of planting ratio and harvest time on forage quality of maize in maize-cowpea intercropping. Iranian Journal of Crop Science 1(3): 633- 642. (In Persian with English Summary)

Dahmardeh, M., Ghanbari, A., Syasar, B., and Ramroudi, M., 2009. Effect of intercropping maize with cowpea on green forage and quality evaluation. Asian Journal and Plant Science 8(3): 235-239.

Dahmardeh, M., 2013. Intercropping two varieties of maize (*Zea mays* L.) and peanut (*Arachis hypogaea* L.): Biomass yield and intercropping advantages. International Journal of Accounting and Finance 3:7-11.

Daryaei, F., Chaichi, M.R., and Aghaalikhani, M., 2009. Evaluation of forage yield and quality in chickpea /barley intercropping. Iran Journal Field Crop Science 40:11-19.

Dashtaki, M., and Chaichi, M.R., 2012. Intercropping of sorghum and chickling pea in limited irrigation regimes. Iranian Journal of Crop Science 43(2): 311-321. (In Persian with English Summary)

Ditsch, D.D., and Bitzer, M.J., 2005. *Managing small grains for livestock forage*. Department of Agronomy. University of Kent. Available at: http://www.ca.uky.edu/agc/pubs/agr/agr160/agr160.htm.

Eskandari, H., Ghanbari, A., and Javanmard, A., 2009. Intercropping of cereals and legumes for forage Production. Notulae Scientia Biologicae 1(1): 7-13.

Eskandari, H., and Ghanbari, A., 2011. Evaluation of competition and complementarity of corn (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*) intercropping for nutrient consumption. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 21: 67- 75. (In Persian with English Summary)

Esmaeili, A., Sadeghpour, A., Hosseini, S.M.B., Jahanzad, E., Chaich, M.R., and Hashemi, M., 2011. Evaluation of seed yield and compotation indices for intercropped barley and annual medic. International Journal Plant Production 5(4): 395-404.

Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Jones, C.A., 2010. Growth and mineral nutrition of field crops. Third edit. CRC Press, Taylor and Francis Group, USA.

Fernandez-Aparicio, M., Emeran, A.A., and Rubiales, D., 2010. Inter-cropping with berseem clover (*Trifolium alexandrinum*) reduces infection by *orobanche* crenata in legumes. Crop Protection 29: 867-871.

Geren, H., Avcioglu, R., Soya, H., and Kir, B., 2008. Intercropping of corn with cowpea and bean: Biomass yield and silage quality. African Journal Biotechnology 7(22): 4100-4104.

Ghanbari, A., and Lee, H.C., 2003. Intercropped wheat (*Triticam aestivum*) and bean (*Vicia faba*) as a whole-crop forage: Effect of harvest time on forage yield and quality. Grass and Forage Science 58(1): 28-36.

Ghanbari, A., Nasirpour, M., and Tavassoli, A., 2010. The evaluation of ecophysiological characteristics of millet (*Panicum miliaceum* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in intercropping. Journal of Agroecology 2(4): 556-564. (In Persian with English Summery)

Hail, Y., Daci, M., and Tan, M., 2009. Evaluation of Annual legumes and barley as sole crops and intercrop in spring frost conditions for animal feeding, yield and quality. Journal Animal Advance 8(7): 1337-1342.

Hoekstra, N.J., and Schulte, R.P.O., 2007. Modeling the concentrations of nitrogen and water soluble carbohydrates in grass herbage ingested by cattle under strip-grazing management. Journal of Grass and Forage Science 63(1): 22-37.

Javanmard, A., Mohamadi Nasab, A.D., Javanshir, A., Moghaddam, M., Janmohammadi, H., Nasiri, Y., and Shekari, F., 2015. Evaluation of maize neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), total digestible nutrients (TDN), dry matter intake (DMI) and net energy for lactation (NEL) in intercropping**.** Journal of Crop Production and Processing 4(14): 175-190. (In Persian with English Summary)

Javanmard, A., Dabbagh Mohammadi, A., Jvanshir, A., Moghaddam, M., and Janmohammad, H., 2010. Effects of maize intercropping with legumes on forage yield and quality. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 22(3): 137-151. (In Persian with English Summary)

Kheradmand, S., Mahmodib, S., and Ahmadi, E., 2015. Quantitative and qualitative performance evaluation of green pea and barley forage intercropping. Applied Field Crops Research 27(105): 111-118. (In Persian with English Summary)

Lehman J., peter, I., Steglich, C., Bebaner, G., and Huwe, Z., 1998. Below ground interaction in dry land agroforestry. Forest Ecology and Management 11:157-159.

Lithourgidis, A.S., Dordas, C.A., Damalas, C.A., and Vlachostergios, D.N., 2011. Annual intercrops: an alternative pathway for sustainable agriculture. Australian Journal Crop Science 5: 396-410.

Mandal, M. K., Banerjee, M., Banerjee, H., Pathak, A., and Das, R., 2014. Evaluation of creal- legume intercropping systems through productivity and competition ability. Australian Journal of Science Technology 3: 233-237.

Madani, H., Shirzadi, M.H., and Darini, F., 2008. Effect of plant density on yield and yield components of Vigna and Tepary local beans germplasm in Jiroft. New finding in Agriculture. 1: 93-104. (In Persian with English Summary)

Marschner, P., 2011. Marschners Mineral Nutrition of Higher Plants. Third edition. University of Adelaide, Australia.

McGrath, D., 1988. Seasonal variation in the water-soluble carbohydrates of perennial and Italian ryegrass under cutting conditions. Irish Journal of Agricultural and Food Research 27: 131-139.

Najafi, N.A., and Mostafae, M., 2015. Improvement of corn plant nutrition by farmyard manure application and intercropping with bean and bitter vetch in a calcareous soil. Journal of Soil Management and Sustainable Production 5(1): 1-22. (In Persian with English Summary)

Nasiri, B., Daraei Mofrad, A., and Hosseinian, S.H., 2015. Evaluation of qualitative and quantitative of forage in additive series intercropping of triticale and broad leaf vetch in dry land conditions. Research in Crop Ecosystems 2(2): 37-48. (In Persian with English Summary)

Nazari, S., Zaefrian, F., Farahmandfar, E., Zand, E., and Azami Sooran, S., 2014. Effect of harvest time on forage yield and quality maize under intercropping with legume plants. Iranian Journal of Field Crops Research 12(2): 237-245. (In Persian with English Summary)

Pakgohar, N., and Ghanbari, A., 2014. Evaluation of competition and nutrient consumption of nutrifid millet and green pea in intercropping. Journal of Crops Improvement 15: 137-150. (In Persian with English Summary)

Pakgohar, N., Ghanbari, A., and Farahbakhsh, A., 2014. Investigation of quantitative and qualitative characteristics of green pea (*Lathyrus sativus* L.) and nutrifed millet (*Pennisetum* sp.) forage in different cultivation patterns. Agroecology 6(1): 108-117.

Radwinska, J., and Zarczynska, K., 2014. Effects of mineral deficiency on the health of young ruminants. Journal of Elementology 19: 915–928.

Rinhard, W., Wandther, N., and Kaul, H.P., 2016. Concentrations and uptake of macronutrients by oat and pea in intercrops in response to N fertilization and sowing ratio. Archives of Agronomy and Soil Science 62(9): 1235-1249Roberts, C., Stuth, A.J., and Finn, P.C., 2003. NIRS applications in forages and feedstuffs. In: C. A. Roberts, J. Workman, J. Reeves. (Eds.), Near Infra-spectroscopy in Agriculture. Agronomy Monograph 321 p.

Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Esmaeili, A., Hosseini, M.B., and Hashemi, M., 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. Field Crops Research 148: 43–48.

Shaker- Koohi, S., and Nasrollahzadeh, S., 2014. Evaluation of yield and advantage indices of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and mungbean (*Vigna radiate* L.) intercropping systems. International Journal of Advanced Biological Biomedical Research 2: 151-160.

Shahraki, M.R., and Barani, H., 2012. Examining factors on destruction of Golestan province rangelands. Journal Management System 1(3): 59-78. (In Persian with English Summary)

Tavakoli, A., Ghalavand, A., Moradi, A., Zare, A., and Najafi, A., 2012. Evaluation quality and quantity of forage in *Medicago sativa* and *Foeniculum vulgare* intercropping. In: National Conference Natural Products and Medicinal Plants, Bojnourd, Iran, 27-28 September 2012, p. 158.

Volaire, F., Norton, M.R., Norton, G.M., and Leilievre, F., 2005, Seasonal patterns of growth, dehydrins and water soluble carbohydrates in genotypes of *Dactylis glomerata* varying in summer dormancy. Journal of Annals of Botany oxford 95(2): 981-990.

Zandvakili, O.R., Allahdadi, I., Mazaheri, D., Akbari, G., Jahanzad, E., and Mirshekari, M., 2012. Evaluation of quantitative and qualitative traits of forage sorghum and lima bean under different nitrogen fertilizer regimes in additive- replacement series. Journal of Agricultural Science 4(6): 223-235.

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.2, Summer 2021, p. 291-305

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۲، تابستان ۱۴۰۰، ص ۳۰۵-۲۹۱

Evaluation of Yield and Quality Forage in Intercropping Tepary Bean *(Phaseolus acutifolus* L. Gray*)* and Millet Cultivars

S. Badakhshan[1], M. Amiri-Nejad[2], E. Tohidi-Nejad[3] and B. Parsa Motlagh[2]*

Submitted: 30-10-2019
Accepted: 21-01-2020

Badakhshan, S., Amiri-Nejad, M., Tohidi-Nejad, E., and Parsa Motlagh, B., 2021. Evaluation of yield and quality forage in intercropping Tepary bean *(Phaseolus acutifolus* L. Gray*)* and millet cultivars. Journal of Agroecology 13(2):291-305.

Introduction

Intercropping agriculture is one of the pillars of sustainable agriculture that it has become popular in many countries for reasons such as increasing in the quantity and quality of agricultural products (Pakgohar & Ghanbari, 2014). Currently in Iran, because of the lack quality fodder, the development of the livestock industry requires a serious approach to animal feed, which seems to be very important planting of these crops with intercropping in sustainable agriculture (Nasiri et al., 2015). Intercropping cereals and legumes is one of the kind intercropping that based on the results, it can increase the quality of forage produced (Javanmard et al., 2015). The purpose of this study was determination the total yield and forage quality obtained from intercropped Tepary bean and two millet cultivars.

Materials and Methods

The field experiment was done in a randomized complete blocks design with 30 treatment and three replications in Jiroft during 2015-2016 growth season. The treatments included combination of Tepary bean (*Phaseolus acutifolus* L. Gray) and two cultivars of millet (cv. Pishahang and cv. Bastan) and replacement intercropping ratio 75:25, 50:50, 25:75 Tepary bean- Bastan millet, sole cropping of Tepary bean, Bastan millet and the same intercropping ratio of Tepary bean and Pishahang millet. The two plants were cultivated simultaneously and manually. The intra rows and inter rows were 50 and 10 cm2 respectively. The traits evaluated were dry forage yield, fresh forage, ash percentage, dry matter digestibility, water soluble carbohydrates, percentage of calcium, magnesium, sodium, and potassium. The total dry matter yield per plot was calculated from 1 m^2 and the forage quality traites of the dried and milled samples in each plot was measured using infrared spectrometer such as Acid detergent fiber (ADF), Dry matter digestibility (DMD) and Water soluble carbohydrate (WSC). The amount of Na and K of forage was determined in the extracts prepared from samples of each treatment by flame Photometer and The amount of Ca and Mg in the extracts was read by atomic absorption. Data analyses were conducted using SAS ver. 12 and analysis of means was done with the Duncan's test in significant at 5% probability level.

Results and Discussion

The results of this study showed that the highest total dry matter yield was obtained from 50:50 t of Tepary bean- Bastan millet (with 87.57 and 12.59% increasement than sole cropping of Bastan millet and Tepary bean, respectively) and the same ratio of Tepary bean and Pishahang millet. It seems that the better utilization of resources, morphological differences of plants and type of cultivar in intercropping system produced more dry matter yield than sole cropping.The most of Ash, DMD, WSC, Na, K, Ca and Mg, was obtained from

1-Former M.Sc. Student of Agroecology, University of Jiroft, Jiroft, Iran.
2-Assistant Professor, Department of Agronomy, and Plant breeding, College of agriculture University of Jiroft, Iran.
3-Asociate Professor, Department of Agronomy, and Plant Breeding, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.
(*- Corresponding Author Email: bparsam@ujiroft.ac.ir)
Doi: 10.22067/jag.v13i2.83847

intercropping treatments. Also the highest Relative Yield Total (RYT) in evaluation of total dry forage yield was obtained from 50:50 Tepary bean- millet treatment (2.16). Highest level of competition was observed in the relative yield of total dry forage from 75:25 Tepary bean- millet (1.36). In evaluating the benefits of sorghum and bean mung bean intercropping, the researchers reported more than one relative yield total in all intercropping treatments (Shaker- Koohi et al., 2014).

Conclusion

According to the results of this study the highest total forage yield obtained from 50:50 Tepary bean- millet treatment. Also the quality traits of forage such as Ash, DMD, WSC and amount of Na, K, Ca and Mg were increased in intercropping treatments. Total RYT increased in 50:50 Tepary bean+ millet. Totally this result showed inter cropping of bean and millet was better than sole cropping and Therefore, it is possible to introduce intercropping of cereals and legumes as one of the effective methods for producing high quality forage.

Keywords: Ash, Dry matter digestibility, Relative yield total, Water soluble carbohydrate